

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局
特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類6 C22C 38/00	A1	(11) 国際公開番号 WO99/05333 (43) 国際公開日 1999年2月4日(04.02.99)
(21) 国際出願番号 PCT/JP98/03276 (22) 国際出願日 1998年7月22日(22.07.98)		(81) 指定国 JP, US, 歐州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書
(30) 優先権データ 特願平9/210222 1997年7月22日(22.07.97) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 新日本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION)[JP/JP] 〒100-8071 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 Tokyo, (JP)		(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 越智達朗(OCHI, Tatsuro)[JP/JP] 久保田学(KUBOTA, Manabu)[JP/JP] 〒050-0087 北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式会社 室蘭製鐵所内 Hokkaido, (JP)
(74) 代理人 弁理士 石田 敏, 外(ISHIDA, Takashi et al.) 〒105-8423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo, (JP)		
(54) Title: CASE HARDENED STEEL EXCELLENT IN THE PREVENTION OF COARSENING OF PARTICLES DURING CARBURIZING THEREOF, METHOD OF MANUFACTURING THE SAME, AND RAW SHAPED MATERIAL FOR CARBURIZED PARTS		
(54) 発明の名称 浸炭時の粗大粒防止特性に優れた肌焼鋼とその製造方法ならびに浸炭部品用素形材		
(57) Abstract <p>A method of manufacturing case hardened steel, capable of minimizing stably the coarsening of particles therein in the carburizing and quenching step, comprising heating steel containing 0.015-0.04 % of Al, 0.005-0.04 % of Nb, 0.006-0.020 % of N and a specific range of percentage of other specific components at 1150 °C or above for 10 minutes or more, hot rolling the resultant steel at a finishing temperature of 920-1000 °C, and then gradually cooling the resultant product from 800 °C to 500 °C at a rate of 1 °C/sec or above; a case hardened steel manufactured by this method and having an amount of deposition of Nb (CN) after the hot rolling step of at least 0.005 %, an amount of deposition of AlN of at most 0.005 %, the number of Nb (CN) particles with diameters of at most 0.1 μm in a mother phase of the steel of at least 20/100 μm², a content of a bainite structure of at most 30 % and a crystal grain number of ferrite of 8-11; and a raw shaped material for carburized parts made by utilizing the case hardened steel.</p>		
<p style="text-align: right;"> a ... Amount of deposition of Nb (CN) (%) b ... Amount of deposition of AlN (%) c ... Coarsened particles absent d ... Coarsened particles locally present e ... Coarsened particles present </p>		

(57)要約

本発明は、A1 : 0.015~0.04%、Nb : 0.005~0.04%、N : 0.006~0.020%他、特定成分を特定範囲含有する鋼を、1150℃以上で10分以上加熱し、仕上げ温度を920~1000℃として熱間圧延し、その後800~500℃を1℃/秒以下で徐冷する、浸炭焼入れ工程において粗大粒の発生を安定的に抑制することができる肌焼鋼の製造方法、及び前記方法により、熱間圧延後のNb(CN)の析出量が0.005%以上、AINの析出量を0.005%以下、鋼の母相中に直径0.1μm以下のNb(CN)を20個/100μm²以上、ベイナイトの組織分率を30%以下、フェライト結晶粒度番号を8~11番とした肌焼鋼、及び前記肌焼鋼を利用した浸炭部品用素形材を提供するものである。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロベニア
AM	アルメニア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AT	オーストリア	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SZ	スウェーデン
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BB	ベルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴー
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドバ	TJ	タジキスタン
BF	ブルガリア	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサオ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	共和国		TT	トリニダッド・トバゴ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	ML	マリ	UA	ウクライナ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
CA	カナダ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	US	米国
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴー	IL	イスラエル	MX	メキシコ	VN	ヴィエトナム
CH	スイス	IN	インド	NE	ニジェール	YU	ユーゴースラビア
CI	コートジボアール	IS	アイスランド	NL	オランダ	ZW	ジンバブエ
CM	カメルーン	IT	イタリア	NO	ノールウェー		
CN	中国	JP	日本	NZ	ニュージーランド		
CU	キューバ	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CY	キプロス	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
CZ	チェコ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DE	ドイツ	KR	韓国	RU	ロシア		
DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	SD	スードン		
EE	エストニア	LC	セントルシア	SE	スウェーデン		
ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール		

明細書

浸炭時の粗大粒防止特性に優れた肌焼鋼とその製造方法ならびに浸炭部品用素形材

技術分野

本発明は、浸炭時の粗大粒防止特性に優れた肌焼鋼とその製造方法ならびに浸炭部品用素形材に関するものである。

背景技術

歯車、軸受部品、転動部品、シャフト、等速ジョイント部品は、通常、例えばJIS G 4052, JIS G 4104, JIS G 4105, JIS G 4106などに規定されている中炭素の機械構造用合金鋼を使用し、冷間鍛造（転造も含む）－切削により所定の形状に加工された後、浸炭焼入れを行う工程で製造されている。冷間鍛造は、製品の表面肌、寸法精度が良く、熱間鍛造に比べて製造コストが低く、歩留まりも良好であるため、従来は熱間鍛造で製造されていた部品を、冷間鍛造へ切り替える傾向が強くなっている。冷間鍛造－浸炭工程で製造される浸炭部品の対象は近年顕著に増加している。浸炭部品の大きな課題として、熱処理歪みの低減が挙げられる。これは、シャフトについては熱処理歪みで曲がればシャフトとしての機能が損なわれるためであり、また歯車や等速ジョイント部品では熱処理歪みが大きければ、騒音や振動の原因となるためである。ここで、熱処理歪みの最大の原因是、浸炭時に発生する粗大粒である。この粗大粒を抑制するために、従来は、冷間鍛造後、浸炭焼入れの前に、焼鈍が行われていた。これに対して、コスト削減の視点から、近年焼鈍省略の指向が強い。そのためには、焼鈍を省略しても粗大粒を生じない鋼

材が強く求められている。

一方、軸受部品、転動部品のなかで高面圧が負荷される軸受部品、転動部品においては、高深度浸炭が行われている。高深度浸炭は、通常、十数時間から数十時間の長時間をするために、省エネルギーの視点から、浸炭時間の短縮が重要な課題である。浸炭時間短縮のためには、浸炭温度の高温化が有効である。通常の浸炭温度は930°C程度であるが、これに対して、990~1090°Cの温度域でいわゆる高温浸炭を行うと、粗大粒が発生し、転動疲労特性等の必要な材質特性が得られないという問題が発生している。そのため、高温浸炭でも粗大粒が発生しない、つまり高温浸炭に適した肌焼鋼が求められている。このような高面圧が負荷される軸受部品、転動部品は大型部品が多く、通常「棒鋼-熱間鍛造-必要により焼準等の熱処理-切削-浸炭焼入れ-必要により研磨」の工程で製造される。浸炭時の粗大粒の発生を抑制するためには、熱間鍛造後の状態で、つまり素形材の状態で、粗大粒を抑制するために適正な材質を造り込んでおくことが必要がある。

これに対して、特開昭56-75551号公報には、特定量のAl, Nを含有する鋼を1200°C以上に加熱後、熱間加工することにより、980°Cで6時間の浸炭を行った場合でも、芯部のオーステナイト結晶粒度番号で6番以上の細粒に保持できる浸炭用鋼が示されている。しかしながら、該鋼の粗大粒抑制の能力は不安定であり、鋼材の製造工程によっては、浸炭時の粗大粒の発生を抑制できないのが現実である。

また、特開昭61-261427号公報には、特定量のAl, Nを含有する鋼を、AlとN量に応じた温度に加熱し、仕上げ温度を950°C以下の条件で熱間圧延し、圧延後のAlNの析出量を40ppm以下、フェライトの結晶粒度番号を11~9である浸炭用鋼の製造方法が示されてい

る。しかしながら、該鋼もやはり、粗大粒抑制の能力は不安定であり、鋼材の製造工程によっては、浸炭時の粗大粒の発生を抑制できないのが現実である。

また、特開昭58-45354号公報には、特定量のAl, Nb, Nを含有する肌焼鋼が示されている。しかしながら、本鋼もやはり、粗大粒抑制の能力は不安定であり、粗大粒の発生を抑制できる場合もあれば、できない場合もある。また、該鋼はその実施例から明らかな通り、0.021%以上のNを含有する。そのため、結晶粒粗大化特性はかえって劣化するとともに、鋼材の製造時に割れやキズが発生しやすく、また素材の状態で硬くて冷間加工性が良くない等の欠点を有している。

上記従来の方法では、浸炭焼入れ工程において粗大粒の発生を安定的に抑制することができず、歪みや曲がりの発生を防止することはできない。また、高面圧が負荷される軸受部品、転動部品についても、高温浸炭により高深度浸炭を行って、十分な強度特性を実現した例はない。つまり、高温浸炭に適した肌焼鋼および浸炭部品用素形材の先例はない。

発明の開示

本発明は上記従来技術の問題を解決して、熱処理歪みの小さい浸炭時の粗大粒防止特性に優れた肌焼鋼とその製造方法、ならびに熱間鍛造工程で製造される浸炭部品の製造に関して、高温浸炭においても粗大粒の発生を防止し、十分な強度特性を有する浸炭部品用素形材を提供することを目的とする。

本発明者らは、上記目的を達成するために結晶粒の粗大化の支配因子について鋭意調査し、次の点を明らかにした。

(1) 同じ化学組成の鋼材でも、粗大粒の発生を抑制できる場合

もあれば、できない場合もあり、化学組成を制限するのみでは、粗大粒を防止することはできない。化学組成以外の要因として、熱間圧延後または熱間鍛造後の鋼材の炭窒化物の析出状態が重要である。

(2) 浸炭時に結晶粒の粗大化を防止するには、ピン止め粒子として微細なAlN, Nb (CN)を浸炭加熱時に多量分散させることがポイントである。

(3) 浸炭加熱時にNb (CN) のピン止め効果を安定して発揮させるには、熱間圧延後または熱間鍛造後の鋼材に、一定量以上のNb (CN) をあらかじめ微細析出させておくことが必要である。また、熱間圧延後または熱間鍛造後の鋼材に、粗大な AlNが析出してしたり、あるいは、TiNや Al_2O_3 が存在すると、粗大Nb (CN) の析出の核になり、Nb (CN) の微細析出が妨げられる。そのため、不純物としてのTiの含有量およびOの含有量を極力制限する必要がある。

(4) 浸炭加熱時に AlNのピン止め効果を安定して発揮させるには、Nb (CN) の場合とは逆に、熱間圧延後または熱間鍛造後の鋼材の状態で、AlNの析出量を極力制限する必要がある。これは、上記のようにNb (CN) の微細析出のためにも、必須の要件である。なお、熱間圧延後または熱間鍛造後の鋼材に、TiNや Al_2O_3 が存在すると、これが、AlN析出の核になり、AlNの析出量が増大するので、やはり不純物としてのTiの含有量およびOの含有量を極力制限しなければならない。

(5) 上記のように炭窒化物の規制を満足したとしても、熱間圧延後の鋼材にベイナイト組織が混入すると、浸炭加熱時の粗大粒発生の原因になる。

(6) さらに、熱間圧延後の鋼材のフェライト粒が過度に微細であると、浸炭加熱時に粗大粒が発生しやすくなる。

(7) 热間圧延後の鋼材の状態で、AINの析出量を極力制限するためには、圧延加熱温度を高温にする必要がある。

(8) 热間圧延後の鋼材に、一定量以上のNb (CN) をあらかじめ微細析出させるためには、圧延加熱温度及び圧延後の冷却条件を最適化すれば良い。すなわち圧延加熱温度を高温にすることによって、Nb (CN) を一旦マトリックス中に固溶させ、热間圧延後にNb (CN) の析出温度域を徐冷することによってNb (CN) を多量、微細分散させることができる。

本発明は以上の新規なる知見にもとづいてなされたものであり、本発明の要旨は以下の通りである。

本発明の請求項1～4の発明は、質量%で、

C : 0.1～0.40%、

Si : 0.02～1.3 %、

Mn : 0.3～1.8 %、

S : 0.001～0.15%、

Al : 0.015～0.04%、

Nb : 0.005～0.04%、

N : 0.006～0.020 %、

を含有し、

さらに、

Cr : 0.4～1.8 %、

Mo : 0.02～1.0 %、

Ni : 0.1～3.5 %、

V : 0.03～0.5 %、

の1種または2種以上を含有し、

P : 0.025%以下、

Ti : 0.010 %以下、

O : 0.0025%以下に制限し、

残部が鉄および不可避的不純物からなり、

熱間圧延後のNb (CN) の析出量が 0.005%以上であり、 AlNの析出量を 0.005%以下に制限し、

又はさらに、

熱間圧延後の鋼のマトリックス中に直径 $0.1 \mu\text{m}$ 以下のNb (CN) を 20個／ $100 \mu\text{m}^2$ 以上を有し、

又はさらに、

熱間圧延後のベイナイトの組織分率を30%以下に制限し、

又はさらに、

熱間圧延後のフェライト結晶粒度番号を8～11番とすることを特徴とする浸炭時の粗大粒防止特性に優れた肌焼鋼である。

本発明の請求項5～7の発明は、

上記の鋼を製造するに際して、

1150°C以上の温度で保熱時間10分以上加熱して線材または棒鋼に熱間圧延し、

又はさらに、

熱間圧延後に 800～500 °Cの温度範囲を 1 °C／秒以下の冷却速度で徐冷し、

又はさらに、

熱間圧延の仕上げ温度を 920～1000°Cとすることを特徴とする浸炭時の粗大粒防止特性に優れた肌焼鋼の製造方法である。

本発明の請求項8, 9の発明は、

質量%で

C : 0.1～0.40%、

Si : 0.02～1.3 %、

Mn : 0.3～1.8 %、

S : 0.001~0.15%、

Al : 0.015~0.04%、

Nb : 0.005~0.04%、

N : 0.006~0.020 %、

を含有し、

さらに、

Cr : 0.4~1.8 %、

Mo : 0.02~1.0 %、

Ni : 0.1~3.5 %、

V : 0.03~0.5 %、

の1種または2種以上を含有し、

P : 0.025%以下、

Ti : 0.010 %以下、

O : 0.0025%以下に制限し、

残部が鉄および不可避的不純物からなり、

熱間鍛造後のNb (CN) の析出量が 0.005%以上であり、AIN の析出量を 0.005%以下に制限し、

又はさらに、

熱間鍛造後の鋼のマトリックス中に直径 $0.1 \mu\text{m}$ 以下のNb (CN) を20個/ $100 \mu\text{m}^2$ 以上を有することを特徴とする浸炭時の粗大粒防止特性に優れた浸炭部品用素形材である。

図面の簡単な説明

図1は、Ti量と結晶粒粗大化温度の関係について解析した一例を示すグラフである。

図2は、O量と結晶粒粗大化温度の関係について解析した一例を示すグラフである。

図3は、熱間圧延後のAINの析出量とNb(CN)の析出量と結晶粒粗大化温度の関係について解析した一例を示すグラフである。

図4は、熱間圧延後の鋼のマトリックス中の微細Nb(CN)の析出物の個数と結晶粒粗大化温度の関係について解析した一例を示すグラフである。

図5は、熱間圧延後のベイナイト分率と結晶粒粗大化温度の関係について解析した一例を示すグラフである。

図6は、熱間圧延後のフェライト結晶粒度番号と結晶粒粗大化温度の関係について解析した一例を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明について詳細に説明する。

まず、成分の限定理由について説明する。

Cは鋼に必要な強度を与えるのに有効な元素であるが、0.1%未満では必要な引張強さを確保することができず、0.40%を超えると硬くなってしまって冷間加工性が劣化するとともに、浸炭後の芯部靭性が劣化するので、0.1~0.40%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.1~0.35%である。

Siは鋼の脱酸に有効な元素であるとともに、鋼に必要な強度、焼入れ性を与え、焼戻し軟化抵抗を向上するのに有効な元素であるが、0.02%未満ではその効果は不十分である。一方、1.3%を超えると、硬さの上昇を招き冷間鍛造性が劣化する。以上の理由から、その含有量を0.02~1.3%の範囲にする必要がある。冷間加工を受けた鋼材の好適範囲は0.02~0.5%、更に好適な範囲は0.02~0.3%である。なお、特に冷間鍛造性を重視する場合は、0.02~0.15%の範囲にするのが望ましい。

一方、Siは粒界強度の増加に有効な元素であり、さらに軸受部品

、転動部品においては、転動疲労過程での組織変化、材質劣化の抑制による高寿命化に有効な元素である。そのため、熱間鍛造工程で製造される部品において、高強度化を指向する場合には、0.2~1.3 %の範囲が好適である。特に転動疲労強度の高いレベルを得るためにには、0.4~1.3 %の範囲にするのが望ましい。なお、Si添加による軸受部品、転動部品の転動疲労過程での組織変化、材質劣化の抑制の効果は、浸炭後の組織中の残留オーステナイト量（通称、残留 γ 量）が30~40%の時に特に大きい。残留 γ 量をこの範囲で制御するには、いわゆる浸炭浸窒処理を行うことが有効である。浸炭浸窒処理は、浸炭後の拡散処理の過程で浸窒を行う処理である。表面の窒素濃度が0.2~0.6 %の範囲になるような条件が適切である。なお、この場合の浸炭時の炭素ポテンシャルは0.9~1.3 %の範囲とするのが望ましい。

Mnは鋼の脱酸に有効な元素であるとともに、鋼に必要な強度、焼入れ性を与えるのに有効な元素であるが、0.3%未満では効果は不十分であり、1.8%を超えるとその効果は飽和するのみならず、硬さの上昇を招き冷間鍛造性が劣化するので、0.3%~1.8%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.5~1.2 %である。なお、冷間鍛造性を重視する場合は、0.5~0.75%の範囲にするのが望ましい。

Sは鋼中でMnSを形成し、これによる被削性の向上を目的として添加するが、0.001%未満ではその効果は不十分である。一方、0.15%を超えるとその効果は飽和し、むしろ粒界偏析を起こし粒界脆化を招く。以上の理由から、Sの含有量を0.001~0.15%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.005~0.15%、更に好適な範囲は0.005~0.04%である。なお、軸受部品、転動部品においては、MnSが転動疲労寿命を劣化させるために、Sを極力低減する必要があ

り、0.001～0.01%の範囲にするのが望ましい。

Alは、浸炭加熱の際に、鋼中のNと結び付いて AlNを形成し、結晶粒の微細化、及び結晶粒の粗大化抑制に有効な元素である。0.015%未満ではその効果は不十分である。一方、0.04%を超えると、AlNの析出物が粗大になり、結晶粒の粗大化抑制に寄与しなくなる。以上の理由から、その含有量を0.015～0.04%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.02～0.035%である。

Nbは、浸炭加熱の際に、鋼中のC, Nと結び付いて Nb(C, N)を形成し、結晶粒の微細化、及び結晶粒の粗大化抑制に有効な元素である。0.005%未満ではその効果は不十分である。一方、0.04%を超えると、素材の硬さが硬くなつて冷間鍛造性が劣化するとともに、Nb(C, N)の析出物が粗大になり、結晶粒の粗大化抑制に寄与しなくなる。以上の理由から、その含有量を0.005～0.04%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.01～0.03%である。なお、本願発明の鋼および浸炭部品用素形材は、浸炭加熱時に侵入してくる炭素および窒素と固溶Nbが反応して、浸炭層に微細なNb(CN)が多量に析出する。そのためには、軸受部品、転動部品においては、これらのNb(CN)が転動疲労寿命の向上に寄与する。したがって、軸受部品、転動部品において、特に高いレベルの転動疲労寿命を指向する場合には、浸炭時の炭素ポテンシャルを0.9～1.3%の範囲で高めに設定すること、あるいは、いわゆる浸炭浸窒処理を行うことが有効である。浸炭浸窒処理は、上記のように浸炭後の拡散処理の過程で浸窒を行う処理であるが、表面の窒素濃度が0.2～0.6%の範囲になるような条件が適切である。

NはAlN, Nb(C, N)の析出による浸炭時の結晶粒の微細化、及び結晶粒の粗大化抑制を目的として添加するが、0.006%未満ではその効果は不十分である。一方、0.020%を超えると、その効果は飽

和する。過剰なNの添加は、素材の硬さを増大させ、冷間鍛造性および最終部品の転動疲労特性を劣化させる。以上の理由から、その含有量を0.006～0.020%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.009～0.020%である。

次に、本願発明では、Cr, Mo, Ni, Vの1種又は2種以上を含有する。

Crは鋼に強度、焼入れ性を与えるのに有効な元素であり、さらに軸受部品、転動部品においては、浸炭後の残留 γ 量を増大させるとともに、転動疲労過程での組織変化、材質劣化の抑制による高寿命化に有効な元素である。0.4%未満ではその効果は不十分であり、1.8%を超えて添加すると硬さの上昇を招き冷間鍛造性が劣化する。以上の理由から、その含有量を0.4～1.8%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.7～1.6%、更に好適な範囲は0.7～1.5%である。なお、Cr添加による軸受部品、転動部品の転動疲労過程での組織変化、材質劣化の抑制の効果は、浸炭後の組織中の残留 γ 量が25～40%の時に特に大きい。残留 γ 量をこの範囲で制御するには、いわゆる浸炭浸窒処理を行い、表面の窒素濃度が0.2～0.6%の範囲になるようにすることが有効である。

Moも鋼に強度、焼入れ性を与えるのに有効な元素であり、さらに軸受部品、転動部品においては、浸炭後の残留 γ 量を増大させるとともに、転動疲労過程での組織変化、材質劣化の抑制による高寿命化に有効な元素である。0.02%未満ではその効果は不十分であり、1.0%を超えて添加すると硬さの上昇を招き冷間鍛造性が劣化する。以上の理由から、その含有量を0.02～1.0%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.02～0.5%、更に好適な範囲は0.02～0.4%である。Mo添加による軸受部品、転動部品の転動疲労過程での組織変化、材質劣化の抑制の効果についても、Crと同様に、いわゆる浸

炭浸窒処理を行い、浸炭後の組織中の残留 γ 量が25~40%の時に特に大きい。

Niも鋼に強度、焼入れ性を与えるのに有効な元素であるが、0.1%未満ではその効果は不十分であり、3.5%を超えて添加すると硬さの上昇を招き冷間鍛造性が劣化する。以上の理由から、その含有量を0.1~3.5%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.4~2.0%である。

Vも鋼に強度、焼入れ性を与えるのに有効な元素であるが、0.03%未満ではその効果は不十分であり、0.5%を超えて添加すると硬さの上昇を招き冷間鍛造性が劣化する。以上の理由から、その含有量を0.03~0.5%の範囲内にする必要がある。好適範囲は0.07~0.2%である。

Pは冷間鍛造時の変形抵抗を高め、韌性を劣化させる元素であるため、冷間鍛造性が劣化する。また、焼入れ、焼戻し後の部品の結晶粒界を脆化させることによって、疲労強度を劣化させてるので、できるだけ低減することが望ましい。従ってその含有量を0.025%以下に制限する必要がある。好適範囲は0.015%以下である。

本発明のような高N鋼においては、Tiは鋼中のNと結び付いてTiNを形成する。TiNの析出物は粗大であり、浸炭時の結晶粒の微細化、及び結晶粒の粗大化抑制に寄与しない。むしろ、TiNが存在すると、AlNやNb(CN)の析出サイトとなり、熱間圧延時にAlNやNb(CN)が粗大に析出し、浸炭時に結晶粒の粗大化を抑制できなくなる。そのため、Ti量はできるだけ低減することが望ましい。図1にTi量と結晶粒粗大化温度との関係を示す。圧下率R=50%の冷間据え込みを行った後、各温度で5時間保定して浸炭シミュレーションを行った結果である。Ti含有量が0.010%を超えると粗大粒発生温度が950°C以下になり、実用的には粗大粒の発生が懸念される。以

上の理由から、Tiの含有量を0.010%以下に制限する必要がある。好適範囲は0.005%以下である。なお、軸受部品、転動部品においては、粗大なTiNの存在は、最終部品の転動疲労特性の顕著な劣化を招く。そのため、軸受部品、転動部品として適用する場合には、Tiの含有量を0.0025%以下に制限するのが望ましい。

本発明のような高Al鋼においては、Oは鋼中で Al_2O_3 のような酸化物系介在物を形成する。酸化物系介在物が鋼中に多量に存在すると、AINやNb(CN)の析出サイトとなり、熱間圧延時にAINやNb(CN)が粗大に析出し、浸炭時に結晶粒の粗大化を抑制できなくなる。そのため、O量はできるだけ低減することが望ましい。図2にO量と結晶粒粗大化温度との関係を示す。圧下率R=50%の冷間据え込みを行った後、各温度で5時間保定して浸炭シミュレーションを行った結果である。O含有量が0.0025%を超えると粗大粒発生温度が950°C未満になり、実用的には粗大粒の発生が懸念される。以上の理由から、その含有量を0.0025%以下に制限する必要がある。好適範囲は0.002%以下である。なお、軸受部品、転動部品においては、酸化物系介在物が転動疲労破壊の起点となるので、O含有量が低いほど転動寿命は向上する。そのため、軸受部品、転動部品においては、O含有量を0.0012%以下に制限するのが望ましい。

本願発明では、熱間圧延後または熱間鍛造後のNb(CN)の析出量が0.005%以上であり、AINの析出量を0.005%以下に制限するが、このように限定した理由を以下に述べる。

浸炭時に結晶粒の粗大化を防止するにはピン止め粒子として微細なAIN、Nb(CN)を浸炭時に多量分散させることが有効である。粗大なAIN、Nb(CN)は浸炭時の結晶粒の粗大化防止に全く役に立たないばかりでなく、むしろピン止め粒子の数を減らす作用をするため、粗大化防止に対して有害である。ここで、Nbは、鋼中のC、Nと結

合し、NbC、NbN及び両者が複合したNb(CN)を生成するが、本願発明で言うNb(CN)はこれら3種類の析出物の総称として用いている。

まず、浸炭加熱時にNb(CN)のピン止め効果を安定して発揮させるには、熱間圧延後または熱間鍛造後の鋼材に、一定量以上のNb(CN)をあらかじめ微細析出させておくことが必要である。また、浸炭加熱時にAINのピン止め効果を安定して発揮させるには、熱間圧延後または熱間鍛造後の鋼材の状態で、AINの析出量を逆に極力制限する必要がある。これは、熱間圧延後または熱間鍛造後の鋼材の状態で析出するAINは粗大であり、ピン止め粒子として寄与しないばかりか、むしろ上記のNb(CN)の粗大析出の核になり、Nb(CN)の微細析出が妨げられて、結晶粒の粗大化を促進する。図3に熱間圧延後のAINの析出量とNb(CN)の析出量と結晶粒粗大化温度との関係を示す。球状化焼鈍後、圧下率R=50%の冷間据え込みを行った後、950°C×5時間の条件で浸炭シミュレーションを行った結果である。Nb(CN)の析出量が0.005%未満、およびAINの析出量が0.005%を超えると粗大粒が生成する。以上から、熱間圧延後または熱間鍛造後のNb(CN)の析出量を0.005%以上に、また、AINの析出量を0.005%以下に制限する必要がある。好適範囲は、熱間圧延後または熱間鍛造後のNb(CN)の析出量0.01%以上、AINの析出量0.003%以下である。なお、熱間圧延後または熱間鍛造後の鋼材の状態で、AINの析出量を本発明の範囲で極力制限すれば、その後の焼鈍過程、焼準過程、あるいは浸炭時の昇温過程でAINを鋼中に微細分散させることができになり、浸炭時の粗大粒を防止することが可能になる。なお、AINの析出量の化学分析法としては、臭素メタノール溶液で溶解し、0.2μmのフィルターで残さを採取し、これを化学分析する方法が一般的であり、またNb(CN)の析出量の化

学分析法としては、塩酸で溶解し、 $0.2\mu\text{m}$ のフィルターで残さを採取し、これを化学分析する方法が一般的である。 $0.2\mu\text{m}$ のフィルターを用いても、ろ過の過程で析出物によりフィルターが目詰まりを起こすため、実際には $0.2\mu\text{m}$ 以下の微細な析出物の抽出も可能である。

次に、本願発明の請求項2、請求項6、請求項9では、Nb添加鋼について、熱間圧延後の鋼のマトリックス中に直径 $0.1\mu\text{m}$ 以下のNb(CN)を20個／ $100\mu\text{m}^2$ 以上有するが、このように限定した理由を以下に述べる。

結晶粒の粗大化を抑制するには、上記のように、結晶粒界をピン止めする粒子を多量、微細に分散させることが有効であり、粒子の直径が小さいほど、また量が多いほどピン止め粒子の数が増加するため好ましい。微細Nb(CN)と結晶粒粗大化温度との関係を図4に示す。圧下率R=50%の冷間据え込みを行った後、各温度で5時間保定して浸炭シミュレーションを行った結果である。図4から明らかなように、結晶粒粗大化特性と熱間圧延後の微細な析出粒子数には極めて密接な関連があり、マトリックス中に直径 $0.1\mu\text{m}$ 以下のNb(CN)を20個／ $100\mu\text{m}^2$ 以上分散させると実用上の浸炭加熱温度域において結晶粒の粗大化が生じず、優れた結晶粒粗大化防止特性が得られる。以上から、マトリックス中に直径 $0.1\mu\text{m}$ 以下のNb(CN)が20個／ $100\mu\text{m}^2$ 以上分散していることが必要である。好適範囲は50個／ $100\mu\text{m}^2$ 以上である。なお、Nb(CN)の分散状態は、鋼材のマトリックス中に存在する析出物を抽出レプリカ法によって採取し、透過型電子顕微鏡で、30000倍で20視野程度観察し、直径 $0.1\mu\text{m}$ 以下のNb(CN)の数を数え、 $100\mu\text{m}^2$ あたりの数に換算することにより求めることができる。

次に、本願発明の請求項3、6では、熱間圧延後のベイナイトの

組織分率を30%以下に制限するが、このように限定した理由を以下に述べる。

上記のようにAIN, Nb (CN)の規制を満足したとしても、熱間圧延後の鋼材にベイナイト組織が混入すると、浸炭加熱時の粗大粒発生の原因になる。図5にベイナイト分率と結晶粒粗大化温度との関係を示す。圧下率R = 50%の冷間据え込みを行った後、各温度で5時間保定して浸炭シミュレーションを行った結果である。ベイナイトの組織分率が30%を超えると粗大粒発生温度が950°C未満になり、実用的には粗大粒の発生が懸念される。また、ベイナイトの混入の抑制は冷間加工性改善の視点からも望ましい。以上の理由から、熱間圧延後のベイナイトの組織分率を30%以下に制限する必要がある。好適範囲は20%以下である。なお、熱間鍛造工程で製造される部品においては、熱間鍛造時の鍛造温度と鍛造後の冷却速度を制御して、素形材の状態でベイナイトの組織分率を30%以下に抑制すると、熱間鍛造後の焼準の省略が可能になる。

次に、本願発明の請求項4, 7では、熱間圧延後のフェライト結晶粒度番号を8~11番とするが、このように限定した理由を以下に述べる。

熱間圧延後の鋼材のフェライト粒が過度に微細であると、浸炭加熱時に粗大粒が発生しやすくなる。図6にフェライト結晶粒度と結晶粒粗大化温度との関係を示す。圧下率R = 50%の冷間据え込みを行った後、各温度で5時間保定して浸炭シミュレーションを行った結果である。フェライト結晶粒度番号が11番を超えると粗大粒発生温度が950°C未満になり、実用的には粗大粒の発生が懸念される。また、熱間圧延後の鋼材のフェライト結晶粒度番号を8番未満の粗粒にすると、熱間圧延材の硬さが増加し、冷間鍛造性が劣化する。以上の理由から、熱間圧延後のフェライト結晶粒度番号を8~11番

の範囲内にする必要がある。

次に、熱間圧延条件について説明する。

上記の本発明成分からなる鋼を、転炉、電気炉等の通常の方法によって溶製し、成分調整を行い、鋳造工程、必要に応じて分塊圧延工程を経て、線材または棒鋼に熱間圧延する圧延素材とする。

次に、本発明の請求項 5 は、圧延素材を 1150°C 以上の温度で保熱時間 10 分以上加熱の温度で加熱する。加熱条件が、1150°C 未満であるか、あるいは加熱温度が 1150°C 以上でも保熱時間が 10 分未満では、AIN 及び Nb (CN) を一旦マトリックス中に固溶させることができない。そのため、熱間圧延後の鋼材に、一定量以上の Nb (CN) をあらかじめ微細析出させることができず、熱間圧延後に粗大な AIN および Nb (CN) が存在し、浸炭時に粗大粒の発生を抑制することができない。そのため、熱間圧延に際して、1150°C 以上の温度で保熱時間 10 分以上加熱することが必要である。好適範囲は 1180°C 以上の温度で保熱時間 10 分以上である。

次に、本発明の請求項 6 は、熱間圧延後に 800~500 °C の温度範囲を 1 °C / 秒以下の冷却速度で徐冷する。冷却条件は、1 °C / s を超えると Nb (CN) の析出温度域を短時間しか通過させることができず、熱間圧延後の微細な Nb (CN) の析出量が不十分となり、さらによくまた、ベイナイトの組織分率が大きくなる。そのため、浸炭時に粗大粒の発生を抑制することができなくなる。また、冷却速度が大きいと圧延材の硬さが上昇し、冷間鍛造性が劣化するため、冷却速度はできるだけ小さくするのが望ましい。好適範囲は 0.7°C / s 以下である。なお、冷却速度を小さくする方法としては、圧延ラインの後方に保温カバーまたは熱源付保温カバーを設置し、これにより、徐冷を行う方法が挙げられる。

次に、本発明の請求項 7 は、熱間圧延の仕上げ温度を 920~1000

°Cとする。仕上げ温度が920°C未満では、フェライト結晶粒度が過度に微細になりすぎて、その後の浸炭時に粗大粒が発生しやすくなる。一方、仕上げ温度が1000°Cを超えると、圧延材の硬さが硬くなつて冷間鍛造性が劣化する。以上の理由から、熱間圧延の仕上げ温度を920~1000°Cとする。

次に請求項8, 9は、浸炭時の粗大粒防止特性に優れた浸炭部品用素形材に関する発明である。本発明は、「棒鋼-熱間鍛造-必要により焼準等の熱処理-切削-浸炭焼入れ-必要により研磨」の工程で製造される浸炭部品および浸炭浸窒部品に関するものであり、本発明における素形材とは、熱間鍛造後の中間部品を指す。本願発明の浸炭時の粗大粒防止特性に優れた浸炭部品用素形材を用いれば、990°C~1090°Cの温度域での高温浸炭のような厳しい条件での浸炭焼入れ熱処理においても、粗大粒の発生の抑制が可能となり、優れた材質特性が得られる。例えば、軸受部品、転動部品の場合であると、高温浸炭を行っても、優れた転動疲労特性が得られる。各要件の限定理由は、請求項1~2で述べたのと同じである。

本願発明では、鋳片のサイズ、凝固時の冷却速度、分塊圧延条件については特に限定するものではなく、本発明の要件を満足すればいずれの条件でも良い。

なお、本願発明では、浸炭条件を特に限定するものではない。軸受部品、転動部品において、特に高いレベルの転動疲労寿命を指向する場合には、上記のように、浸炭時の炭素ポテンシャルを0.9~1.3%の範囲で高めに設定すること、あるいは、いわゆる浸炭浸窒処理を行うことが有効である。浸炭浸窒処理は、浸炭後の拡散処理の過程で浸窒を行う処理であるが、表面の窒素濃度が0.2~0.6%の範囲になるような条件が適切である。これらの条件を選択することにより、浸炭層に微細なNb(CN)が多量に析出し、また残留γが

25～40%導入されることが、転動寿命の向上に寄与する。

実施例

以下に、本発明の効果を実施例により、さらに具体的に示す。

実施例 1

表1に示す組成を有する転炉溶製鋼を連続鋳造し、必要に応じて分塊圧延工程を経て 162mm角の圧延素材とした。続いて、熱間圧延により、直径23～25mmの棒鋼を製造した。熱間圧延の条件は、加熱温度1080℃～1280℃、仕上げ温度は 920℃～1000℃、圧延後の 800℃～500℃の冷却速度は 0.2～1.5℃／秒の範囲である。

熱間圧延後の棒鋼から、AINの析出量、Nb(CN)の析出量を化学分析により求めた。また、圧延後の棒鋼のビッカーズ硬さを測定し、冷間加工性の指標とした。

上記の工程で製造した棒鋼について、球状化焼鈍を行った後、据え込み試験片を作成し、圧下率50%の据え込みを行った後、浸炭シミュレーションを行った。浸炭シミュレーションの条件は、910℃～1010℃に5時間加熱－水冷である。その後、切断面に研磨－腐食を行い、旧オーステナイト粒径を観察して粗粒発生温度（結晶粒粗大化温度）を求めた。浸炭処理は通常 930～950℃の温度域で行われるため、粗粒発生温度が 950℃以下のものは結晶粒粗大化特性に劣ると判定した。なお、旧オーステナイト粒度の測定はJIS G 0551に準じて行い、400倍で10視野程度観察し、粒度番号5番以下の粗粒が1つでも存在すれば粗粒発生と判定した。

これらの調査結果をまとめて、表2に示す。950℃浸炭時のγ粒度もあわせて示した。本発明例の結晶粒粗大化温度は 960℃以上であり、通常の上限の浸炭条件である 950℃では、細整粒であること明らかである。

一方、比較例12はAlの含有量が本願規定の範囲を下回った場合であり、粗大化特性は劣る。比較例13、14はAlの含有量が本願規定の範囲を上回った場合であり、粗大化特性は劣る。これは、粗大なAINが存在し、AINとNb(CN)の微細分散が妨げられたためである。比較例15はNbの含有量が本願規定の範囲を下回った場合であり、粗大化特性は劣る。本実施例のように球状化焼純後に冷間鍛造する場合には、微細なNb(CN)が存在しないと、微細なAINのみでは粗大粒を抑制できない。比較例16、17はNbの含有量が本願規定の範囲を上回った場合であり、粗大化特性は劣る。比較例18はNの含有量が本願規定の範囲を下回った場合であり、窒化物の量が不足するため、粗大化特性は劣る。比較例19はNの含有量が本願規定の範囲を上回った場合であり、析出物が粗大になり、やはり粗大化特性は劣る。特開昭58-45354号公報の実施例／発明鋼の鋼材の粗大化特性が必ずしも良くない原因は、N量が0.021%以上と高いためと考えられる。比較例20～21は、Tiの含有量、Oの含有量が本願規定の範囲を上回った場合であり、いずれも粗大化特性は劣る。また、比較例22は、成分系は本願発明の範囲にあるが、熱間圧延後の冷却速度が1.5°C/秒と速く、熱間圧延後のNb(CN)の析出量が本願規定の範囲を下回った場合であり、粗大粒発生温度は低い。また、比較例23も成分系は本願発明の範囲にあるが、熱間圧延加熱温度が1080°Cと低く、AINの容体化が不十分であり、熱間圧延後のAINの析出量が本願規定の範囲を上回った場合であり、粗大粒発生温度は低い。

実施例 2

実施例1で製造した162mm角の圧延素材を用いて、熱間圧延により、直径23～25mmの棒鋼を製造した。熱間圧延の条件は、加熱温度1150°C～1280°C、仕上げ温度は840°C～1000°C、圧延後の800°C～500°Cの冷却速度は0.2～1.5°C/秒の範囲である。

熱間圧延後の棒鋼のNb (CN) の分散状態を調べるために、棒鋼のマトリックス中に存在する析出物を抽出レプリカ法によって採取し、透過型電子顕微鏡で観察した。観察方法は30000倍で20視野程度観察し、直径 $0.1\mu\text{m}$ 以下のNb (CN) の数を数え、 $100\mu\text{m}^2$ あたりの数に換算した。また、圧延後の棒鋼の組織観察を行い、ベイナイトの組織分率、フェライトの結晶粒度番号を求めた。

熱間圧延棒鋼を焼鈍した後、実施例1と同様の方法で、結晶粒粗大化温度を求めた。これらの調査結果をまとめて、表3に示す。第2発明例の結晶粒粗大化温度は970°C以上であり、950°C浸炭時の γ 粒度は8.7番以上である。また、第3発明例の結晶粒粗大化温度は990°C以上であり、950°C浸炭時の γ 粒度は9.5番以上である。さらに、第4発明例の結晶粒粗大化温度は1010°C以上であり、950°C浸炭時の γ 粒度は10.0番以上である。このように、本願発明例では、いずれも、通常の上限の浸炭条件である950°Cでは、細整粒であることが明らかである。

一方、比較例34は、熱間圧延後の冷却速度が1.5°C/秒と速く、熱間圧延後のNb (CN) の析出量とNb (CN) の個数が本願規定の範囲を下回った場合であり、比較例43も、熱間圧延後の冷却速度が1.5°C/秒と速く、熱間圧延後のベイナイトの組織分率が本願規定の範囲を上回った場合であり、いずれも粗大粒発生温度は低い。比較例50は、熱間圧延の仕上げ温度が840°Cと低く、フェライト結晶粒度番号が本願規定の範囲を上回った場合であり、粗大粒発生温度は低い。

実施例3

実施例1で製造した162mm角の圧延素材を用いて、種々の条件で熱間圧延を行うことにより、直径25mmの棒鋼を製造した。

熱間圧延棒鋼を球状化焼鈍を行った後、実施例1と同様の方法で

結晶粒粗大化温度を求めた。これらの調査結果をまとめて、表4に示す。本発明例の結晶粒粗大化温度は970°C以上であり、950°C浸炭時の γ 粒度は8.8番以上である。通常の上限の浸炭条件である950°Cでは、細整粒であることが明らかである。

一方、比較例53は、熱間圧延時の加熱温度が本願規定の範囲を下回り、AlNの析出量も本願規定の範囲を上回った場合であり、910°Cでも粗大粒が発生する。

実施例4

実施例1で製造した162mm角の圧延素材を用いて、種々の条件で熱間圧延を行うことにより、直径25mmの棒鋼を製造した。

熱間圧延棒鋼を球状化焼純を行った後、実施例1と同様の方法で結晶粒粗大化温度を求めた。これらの調査結果をまとめて、表5に示す。第6発明例の結晶粒粗大化温度は990°C以上であり、950°C浸炭時の γ 粒度は9.4番以上である。また、第7発明例の結晶粒粗大化温度は1010°C以上であり、950°C浸炭時の γ 粒度は10.0番以上である。このように、本願発明例では、いずれも、通常の上限の浸炭条件である950°Cでは、細整粒であることが明らかである。

一方、比較例73は、熱間圧延時の仕上げ温度が本願規定の範囲を下回った場合であり、圧延後のフェライト結晶粒度も本願規定の範囲を上回った場合であり、950°Cで粗大粒が発生する。比較例74は、熱間圧延時の冷却速度が本願規定の範囲を上回り、ベイナイトの組織分率も本願規定の範囲を上回った場合であり、950°Cで粗大粒が発生する。

実施例5

表6に示す組成を有する転炉溶製鋼を連続鋳造し、必要に応じて分塊圧延工程を経て162mm角の圧延素材とした。続いて、熱間圧延により、直径80mmの棒鋼を製造した。この棒鋼を素材として、熱間

鍛造を行い直径65mmの素形材に仕上げた。熱間鍛造の加熱温度は1100°C～1290°Cである。熱間鍛造後の 800°C～500 °Cの冷却速度は 0.2～1.3 °C／秒の範囲である。

熱間鍛造により成形された素形材から、AIN の析出量、Nb (CN) の析出量を化学分析により求めた。

上記の工程で製造した素形材について、900°C × 1 時間加熱空冷の条件で焼準処理を行った。その後、1050°C × 5 時間－水冷の条件で浸炭シミュレーションを行った。その後、切断面に研磨－腐食を行い、旧オーステナイト粒径を観察した。旧オーステナイト粒度の測定はJIS G 0551に準じて行った。

また、上記の熱間鍛造により成形された素形材を焼準した後、直径12.2mmの円柱状の転動疲労試験片を作成し、浸炭焼入れを行った。浸炭処理は次の3条件のいずれかである。なお、浸炭条件Ⅱは、いわゆる浸炭浸窒処理である。

- I. 1000°C × 12時間、炭素ポテンシャル1.15%
- II. 1000°C × 12時間、炭素ポテンシャル1.15%、引き続いて 870 °Cで浸窒処理。窒素濃度約 0.4%。

- III. 1050°C × 1 時間、炭素ポテンシャル 1.2%

また、いずれの条件ともに焼入れ油の温度は 130°C、焼戻しは 180°C × 2 時間の条件である。

これらの浸炭焼入れ材について、硬さ、残留オーステナイト量、γ粒度を調査した。さらに、点接触型転動疲労試験機（ヘルツ最大接触応力5884MPa）を用いて転動疲労特性を評価した。疲労寿命の尺度として、「試験結果をワイブル確率紙にプロットして得られる累積破損確率10%における疲労破壊までの応力繰り返し数」として定義されるL₁₀寿命を用いた。

これらの調査結果をまとめて、表7に示す。転動疲労寿命は比較

例98（鋼水準u）のL₁₀寿命を1とした時の各材料のL₁₀寿命の相対値を示した。

表7に示した通り、本発明例では、 γ 粒は8番以上の細粒であり、転動疲労寿命も比較例に比べて5倍以上と極めて良好である。特に、浸炭条件Ⅱで浸炭浸窒処理を行った本発明例は転動疲労寿命が顕著に優れている。これは、残留 γ 量が多く、さらに浸炭浸窒時にNb(CN)が浸炭層に多量に析出したためである。

一方、比較例96はAlの含有量が本願規定の範囲を下回った場合であり、比較例97はAlの含有量が本願規定の範囲を上回った場合であり、粗大粒が発生している。比較例98はNbの含有量が本願規定の範囲を下回った場合であり、比較例99はNbの含有量が本願規定の範囲を上回った場合であり、やはり粗大粒が発生している。比較例100はNの含有量が本願規定の範囲を下回った場合であり、窒化物の量が不足するため、粗大粒が発生している。比較例101はNの含有量が本願規定の範囲を上回った場合であり、析出物が粗大になり、やはり粗大粒が発生している。比較例102、103は、Tiの含有量、Oの含有量が本願規定の範囲を上回った場合であり、いずれも本発明例に比較して粗粒である。また、転動疲労特性も不十分である。比較例104は、成分系は本願発明の範囲にあるが、熱間鍛造後の冷却速度が1.3°C/秒と速く、熱間鍛造後のNb(CN)の析出量が本願規定の範囲を下回った場合であり、粗大粒が発生している。また、比較例105も成分系は本願発明の範囲にあるが、熱間鍛造加熱温度が1100°Cと低く、AINの溶体化が不十分であり、熱間鍛造後のAINの析出量が本願規定の範囲を上回った場合であり、粗大粒が発生している。

次に、熱間鍛造により成形された素形材から採取した一部の試験片については、上記の条件で浸炭焼入れ後、900°C × 1時間加熱焼

入れの条件で再加熱焼入れを実施した。結果を表8に示す。本発明例の γ 粒はさらに細粒になり、また転動疲労寿命もさらに向上することが明らかである。特に、浸炭条件Ⅱで浸炭浸窒処理を行った材料は、再加熱焼入れにより、転動疲労寿命が顕著に向上去っている。これは、本発明例では、再加熱焼入れにより、Nb(CN)が一層多量微細分散するためである。

実施例6

実施例5で製造した直径80mmの圧延棒鋼を用いて、熱間鍛造により、直径30~45mmの素形材を製造した。熱間鍛造の条件は、加熱温度1200°C~1300°C、鍛造後の800°C~500°Cの冷却速度は0.4~1.5°C/秒の範囲である。

熱間鍛造により成形された素形材のNb(CN)の分散状態を調べるため、マトリックス中に存在する析出物を抽出レプリカ法によって採取し、透過型電子顕微鏡で観察した。観察方法は30000倍で20視野程度観察し、直径0.1μm以下のNb(CN)の数を数え、100μm²あたりの数に換算した。

実施例5と同様の浸炭処理等を行い、転動疲労特性他を求めた。これらの調査結果をまとめて、表9に示す。本願発明例では、いずれも、 γ 粒は細粒であり、転動疲労特性も優れている。

一方、比較例125は、熱間鍛造後の冷却速度が1.5°C/秒と速く、熱間鍛造後のNb(CN)の析出量とNb(CN)の個数が本願規定の範囲を下回った場合であり、結晶粒が粗大であり、転動疲労特性も不十分である。

(質量%)

表 1

区分	鋼水準	C	Si	Mn	S	Al	Nb	N	Cr	Mo	Ni	V	P	Ti	O
発明	A	0.19	0.29	0.83	0.012	0.028	0.025	0.0184	1.07	-	-	-	0.016	0.0018	0.0014
	B	0.20	0.04	0.81	0.015	0.031	0.025	0.0174	1.05	-	-	-	0.014	0.0021	0.0009
	C	0.20	0.05	0.66	0.015	0.028	0.025	0.0173	1.53	-	-	-	0.015	0.0022	0.0018
	D	0.19	0.26	0.82	0.020	0.026	0.023	0.0146	1.04	0.18	-	-	0.017	0.0020	0.0016
	E	0.21	0.04	0.64	0.017	0.030	0.026	0.0162	0.99	0.16	-	-	0.013	0.0019	0.0014
	F	0.20	0.03	0.75	0.014	0.031	0.022	0.0173	0.84	0.74	-	-	0.009	0.0017	0.0016
	G	0.19	0.04	0.72	0.016	0.032	0.024	0.0168	0.83	0.76	-	0.12	0.012	0.0022	0.0017
	H	0.20	0.26	0.65	0.021	0.030	0.022	0.0159	0.55	0.21	1.78	-	0.013	0.0021	0.0018
鋼	J	0.20	0.42	0.78	0.018	0.035	0.022	0.0164	0.98	-	-	-	0.016	0.0022	0.0017
	K	0.20	0.27	0.75	0.013	0.025	0.022	0.0101	1.02	-	-	-	0.015	0.0020	0.0015
	L	0.19	0.23	0.80	0.018	0.026	0.020	0.0089	0.98	0.21	-	-	0.018	0.0021	0.0019
	M	0.21	0.20	0.80	0.015	0.011	0.025	0.0170	1.00	-	-	-	0.015	0.0018	0.0013
	N	0.20	0.06	0.81	0.016	0.049	0.022	0.0181	0.98	-	-	-	0.017	0.0017	0.0009
	O	0.20	0.05	0.81	0.015	0.052	0.026	0.0163	1.05	0.16	-	-	0.013	0.0019	0.0016
	P	0.19	0.05	0.76	0.016	0.026	0.002	0.0167	1.12	-	-	-	0.015	0.0022	0.0018
	Q	0.20	0.24	0.79	0.019	0.031	0.048	0.0142	1.06	-	-	-	0.019	0.0017	0.0017
比較	R	0.20	0.23	0.78	0.021	0.035	0.053	0.0148	0.97	0.17	-	-	0.016	0.0018	0.0019
	S	0.20	0.18	0.83	0.017	0.029	0.027	0.0052	1.05	-	-	-	0.016	0.0018	0.0014
	T	0.21	0.06	0.81	0.014	0.030	0.028	0.0224	0.99	-	-	-	0.014	0.0021	0.0009
	U	0.20	0.05	0.84	0.016	0.028	0.020	0.0180	1.02	-	-	-	0.016	0.0124	0.0018
	V	0.19	0.24	0.79	0.020	0.026	0.022	0.0151	0.98	-	-	-	0.016	0.0022	0.0029
	W	0.20	0.25	0.78	0.015	0.032	0.024	0.0175	1.00	-	-	-	0.014	0.0019	0.0017
	X	0.19	0.24	0.83	0.017	0.030	0.026	0.0174	1.02	0.18	-	-	0.016	0.0020	0.0018
	Y	0.21	0.22	0.75	0.015	0.027	0.025	0.0161	0.97	-	-	-	0.017	0.0021	0.0020
発明鋼	Z	0.19	0.24	0.79	0.020	0.031	0.023	0.0164	1.01	0.19	-	-	0.018	0.0018	0.0012

表 2 (実施例 1)

区 分	鋼 水 準 No.	Nb(CN)析出量 %	圧延後の Nb(CN)析出量 %	圧延後の A1N析出量 %	圧延後の 硬さ HV	浸炭シミュレーション結果	
						粗大粒度 精緻化温度 ℃	950°C 浸炭時 のγ粒度
本願規定範囲							
第 1 発明例	1 A	0.017	≥ 0.005	≤ 0.005	183	970	8.8
	2 B	0.015	< 0.0015	0.0015	177	960	8.7
	3 C	0.015	0.0022	0.0022	163	980	9.2
	4 D	0.014	0.0030	0.0030	228	980	9.3
	5 E	0.016	0.0025	0.0025	179	960	8.4
	6 F	0.014	0.0015	0.0015	245	970	8.2
	7 G	0.014	< 0.0015	0.0015	259	970	8.8
	8 H	0.013	0.0023	0.0023	262	990	8.6
	9 J	0.014	0.0021	0.0021	186	970	8.2
	10 K	0.014	0.0030	0.0030	182	990	9.3
	11 L	0.013	0.0015	0.0015	231	990	9.5
比 較 例	12 M	0.016	< 0.0015	0.0015	184	930	4.2
	13 N	0.013	0.0039	0.0039	175	910	2.0
	14 O	0.015	0.0042	0.0042	237	910	2.5
	15 P	0.001	0.0023	0.0023	182	930	3.5
	16 Q	0.030	0.0035	0.0035	179	910	2.6
	17 R	0.032	0.0030	0.0030	222	910	2.7
	18 S	0.016	0.0015	0.0015	182	910	2.5
	19 T	0.017	0.0023	0.0023	215	950	4.5
	20 U	0.018	0.0037	0.0037	172	950	4.2
	21 V	0.017	0.0032	0.0032	182	950	4.0
	22 W	0.002	0.0030	0.0030	185	930	3.5
	23 X	0.032	0.0241	0.0241	221	910	2.0

表 3 (実施例 2)

区分	鋼水 No.	圧延後の Nb(CN)析出量 %	圧延後の AIN析出量 %	圧延後の 100 μm ² 当りの Nb(CN)の数 %	圧延後の ベイナイト の組織分率 %	圧延後の フェライト 結晶粒度番号 ≤30	圧延後の 硬さ HV	浸炭シミュレーション結果	
								粗大化温度 ℃	結晶粒 粗大化温度 ℃
本研究対象組成									
第2発明例	31 A	0.017	0.0015	94	—	—	183	980	9.2
	32 D	0.014	0.0030	162	—	—	228	990	9.6
	33 H	0.013	0.0023	62	—	—	262	970	8.7
比較例	34 W	<0.003	0.0015	12	—	—	179	910	3.5
第3発明例	35 B	0.015	<0.0015	284	7	—	176	1010	10.3
	36 B	0.017	0.0015	321	11	—	174	1010	10.4
	37 L	0.013	0.0020	101	19	—	228	990	9.5
	38 L	0.012	0.0030	129	16	—	231	990	10.1
	39 H	0.013	0.0023	372	17	—	258	>1010	11.2
	40 H	0.014	0.0020	—	17	—	260	990	9.6
	41 K	0.016	0.0015	—	14	—	183	990	9.5
	42 K	0.015	0.0030	172	12	—	186	1010	10.5
比較例	43 H	0.013	0.0023	97	85	—	282	<910	1.0
第4発明例	44 Y	0.017	0.0015	242	14	9.5	185	1010	10.1
	45 Y	0.014	0.0030	260	—	10.1	184	1010	10.4
	46 Y	0.017	0.0015	460	14	9.5	183	>1010	11.1
	47 Y	0.014	0.0030	337	—	9.2	179	>1010	10.8
	48 Z	0.017	0.0025	—	16	8.8	226	>1010	10.0
	49 Z	0.015	0.0025	—	—	9.9	229	>1010	10.3
比較例	50 Z	0.018	0.0023	80	21	12.0	228	990	3.4

—：未測定。

表 4 (実施例 3)

区 分	鋼 水 No	鋼 熱間圧延条件 加熱温度*	Nb(CN)析出量 %	圧延後の AlN析出量 %	圧延後の 硬さ HV	浸炭シミュレーション結果	
						結晶粒 粗大化温度 ℃	950°C 浸炭時 のγ粒度
本願規定範囲		≥1150	≥0.005	≤0.005			
第 5 発明例	51 A	1205	0.017	0.0025	183	970	8.8
	52 D	1230	0.014	0.0015	228	980	9.4
比 較 例	53 A	1100	0.019	0.0287	187	<910	1.2

* 保熱時間20分。

表 5 (実施例4)

区分	鋼 No.	熱間圧延条件			圧延後の Nb(CN) 析出量	圧延後の AIN析出量	圧延後の ベイナイト の組織分率 %	圧延後の フェライト 結晶粒度 番号	圧延後 の硬さ HV	圧延後 の硬さ HV	浸炭シミュレーション 結果
		加熱温度*	仕上げ温度 ℃	冷却速度 ℃/秒							
本願規定範囲		≥1150	920~1000	≤1	≥0.005	≤0.005	≥20	≤30	8~11		
第6発明例	61 W	1225	—	0.50	0.021	0.0015	116	—	—	192	990
	62 X	1210	—	0.69	0.018	0.0030	155	—	—	223	1010
	63 Y	1235	—	0.56	0.017	<0.0015	—	17	—	187	990
	64 X	1235	—	0.55	0.018	0.0016	—	18	—	221	990
	65 X	1210	—	0.61	0.015	0.0023	172	14	—	223	1010
	66 Y	1225	—	0.63	0.017	0.0020	72	10	—	191	990
第7発明例	67 A	1230	950	—	0.016	0.0020	—	—	9.4	187	1010
	68 D	1215	955	—	0.015	0.0024	—	—	9.6	224	1010
	69 X	1225	960	0.54	0.017	0.0015	183	—	9.5	223	>1010
	70 Y	1215	950	0.62	0.015	<0.0015	160	—	9.6	187	1010
	71 X	1240	955	0.69	0.017	0.0020	246	12	9.2	225	>1010
	72 H	1235	960	0.50	0.016	<0.0015	324	20	9.4	258	>1010
比較例	73 X	1210	840	—	0.016	0.0017	125	15	11.6	231	950
	74 Y	1235	945	1.35	0.007	0.0025	121	82	10.6	185	950
										3.4	

* 保熱時間20分。 —：未測定。

表 6 (質量%)

区分	鋼水準	C	Si	Mn	S	Al	Nb	N	Cr	Mo	Ni	V	P	Ti	O
発 明	a	0.20	0.22	0.83	0.006	0.029	0.027	0.0175	1.05	—	—	—	0.014	0.0009	0.0009
	b	0.19	0.24	0.81	0.005	0.030	0.026	0.0186	1.16	0.17	—	—	0.016	0.0012	0.0008
	c	0.26	0.23	0.76	0.005	0.031	0.030	0.0183	1.18	0.29	—	—	0.011	0.0010	0.0008
	d	0.34	0.20	0.82	0.007	0.026	0.024	0.0144	1.06	0.18	—	—	0.014	0.0014	0.0007
	e	0.21	0.42	0.74	0.006	0.030	0.027	0.0161	1.02	0.17	—	—	0.016	0.0014	0.0009
	f	0.20	0.58	0.82	0.006	0.030	0.023	0.0175	1.03	0.18	—	—	0.011	0.0015	0.0009
	g	0.19	1.01	0.69	0.005	0.032	0.022	0.0162	1.02	0.25	—	—	0.012	0.0010	0.0007
	h	0.24	0.98	0.42	0.007	0.031	0.024	0.0157	1.44	0.25	—	—	0.009	0.0009	0.0008
鋼	i	0.25	0.05	0.91	0.006	0.028	0.024	0.0160	1.21	0.41	—	—	0.014	0.0016	0.0007
	j	0.35	0.62	0.44	0.005	0.034	0.025	0.0162	1.43	0.24	—	—	0.013	0.0010	0.0009
	k	0.22	0.93	0.62	0.004	0.025	0.024	0.0104	1.44	0.24	—	—	0.015	0.0014	0.0008
	l	0.23	0.23	0.80	0.005	0.027	0.024	0.0090	1.45	—	—	—	0.016	0.0013	0.0009
	m	0.21	0.20	0.80	0.007	0.031	0.027	0.0168	1.04	0.52	—	—	0.015	0.0016	0.0008
	n	0.20	0.06	0.81	0.004	0.029	0.025	0.0176	1.43	0.49	—	—	0.014	0.0012	0.0009
	o	0.20	0.41	0.78	0.007	0.031	0.027	0.0174	1.05	0.43	—	—	0.016	0.0011	0.0007
	p	0.35	0.42	0.67	0.005	0.030	0.028	0.0171	1.45	0.18	—	—	0.014	0.0016	0.0008
比 較 鋼	q	0.21	0.22	0.75	0.006	0.032	0.027	0.0164	1.05	0.17	1.82	—	0.014	0.0015	0.0007
	r	0.19	0.24	0.79	0.007	0.028	0.026	0.0159	1.01	0.19	—	0.13	0.015	0.0016	0.0007
	s	0.21	0.24	0.78	0.006	0.010	0.028	0.0165	1.05	0.17	—	—	0.015	0.0015	0.0007
	t	0.20	0.22	0.81	0.005	0.056	0.031	0.0164	1.12	0.20	—	—	0.014	0.0017	0.0008
	u	0.21	0.21	0.76	0.007	0.031	0.001	0.0147	1.06	0.17	—	—	0.018	0.0015	0.0009
	v	0.20	0.25	0.82	0.008	0.034	0.055	0.0143	1.03	0.16	—	—	0.017	0.0016	0.0008
	w	0.20	0.23	0.76	0.006	0.030	0.029	0.0051	1.05	0.20	—	—	0.015	0.0014	0.0007
	x	0.19	0.17	0.83	0.006	0.029	0.030	0.0227	1.03	0.17	—	—	0.015	0.0015	0.0009
比 較 鋼	y	0.21	0.24	0.81	0.005	0.028	0.031	0.0181	1.02	0.16	—	—	0.017	0.0116	0.0008
	z	0.20	0.21	0.83	0.007	0.026	0.025	0.0153	0.98	0.18	—	—	0.014	0.0016	0.0028

表 7 (実施例 5)

区分	鋼 No.	鋼水準	熱鍛材の Nb(CN) 析出量 %	熱鍛材の AIN析出量 %	1050°C × 5 時間浸炭シ ミュレート 時のγ粒度	高温浸炭材の特性				
						漫炭 条件	最表面 硬さHV	最表面 残留γ量%	γ粒度	転動疲労寿命 (相対値)*
本願規定範囲			≥ 0.005	≤ 0.005						
第8発明例	81 a	0.016	0.0017	8.6	I	784	1.9	8.2	5.5	
	82 b	0.016	< 0.0015	9.0	I	792	1.8	8.5	6.3	
	83 c	0.014	0.0026	8.9	II	744	37	8.4	8.8	
	84 d	0.015	0.0025	9.1	II	746	36	8.7	9.1	
	85 e	0.014	0.0021	8.4	II	751	38	8.0	12.7	
	86 f	0.013	0.0030	8.4	II	748	38	8.0	13.2	
	87 g	0.013	< 0.0015	8.6	II	750	36	8.3	15.4	
	88 h	0.014	0.0017	8.8	II	752	37	8.4	15.3	
	89 i	0.015	0.0022	9.1	III	784	1.6	9.4	5.9	
	90 j	0.015	0.0024	8.4	III	791	17	8.8	6.1	
	91 k	0.013	0.0028	9.0	III	780	18	8.7	5.3	
	92 n	0.016	0.0016	9.3	I	748	1.9	9.0	6.4	
	93 p	0.015	< 0.0015	9.1	I	784	1.8	8.8	6.9	
	94 q	0.014	0.0031	9.2	II	736	35	8.9	9.5	
	95 r	0.014	0.0038	9.2	II	741	35	9.0	8.6	
	96 s	0.016	< 0.0015	1.3	I	779	1.6	1.1	0.5	
	97 t	0.014	0.0047	2.5	I	781	17	2.1	0.7	
	98 u	0.001	0.0024	4.3	I	791	17	3.8	1.0	
	99 v	0.031	0.0030	4.5	I	787	16	3.9	1.2	
	100 w	0.016	< 0.0015	3.2	I	771	18	2.5	0.8	
	101 x	0.031	0.0045	4.6	I	769	16	3.4	1.3	
	102 y	0.016	0.0022	8.5	I	784	18	6.2	0.6	
	103 z	0.027	0.0025	8.4	I	782	17	7.3	0.7	
	104 a	0.003	< 0.0015	4.9	I	779	18	4.6	1.7	
	105 b	0.029	0.0250	2.4	I	783	17	1.8	0.5	

* 比較例98(鋼水準u) の L_{10} 寿命を 1 とした時の相対値。

表 8 (実施例 5)

区 分	鋼 水 No.	鋼 水 準	熱鍛材の Nb(CN)	熱鍛材の AIN析出量 %	1050°C浸炭 シミュレー ト時のγ粒 度	高温浸炭材の特性					
						浸炭条件	硬さHV	最表層 硬さHV	最表層の 残留γ量%	γ粒度	転動疲労寿命 (相対値) *
本願規定範囲				≤0.005	≤0.005						
第 8 発明例	111	b	0.016	<0.0015	9.0	I + 再加熱焼入れ**	889	15	10.0	10.5	
	112	c	0.014	0.0026	8.9	II + 再加熱焼入れ	851	35	9.6	15.4	
	113	d	0.015	0.0025	9.1	II + 再加熱焼入れ	862	34	10.4	16.2	
	114	h	0.014	0.0017	8.8	II + 再加熱焼入れ	863	34	9.8	21.1	
	115	k	0.013	0.0028	9.0	III + 再加熱焼入れ	869	15	9.7	9.2	

* 第 7 表の比較例98 (鋼水準 ii) の L_{10} 寿命を 1 とした時の相対値。 ** 900°C × 1 時間加熱焼入れ。

表 9 (実施例 6)

区分	鋼水 No.	熟銀材 のNb(CN) 析出量 %	熱銀材の AIN析出量 %	熱鍛部材の 100 μm ² 当りの Nb(CN)の数 度	高温浸炭材の特性						
					シミュレー ト時のγ粒 度	浸炭 条件	最表層 硬さHV	最表層の 残留γ量%	γ粒度	転動疲労寿命 (相対値)*	
本願規定範囲											
第9発明例	121 122 123 124 比較例	b 1 n o 125	0.012 0.011 0.012 0.012 <0.003	≤0.005 0.0017 0.0016 0.0020 0.0015 <0.0015	≤20 121 144 87 82 13	8.5 8.7 8.3 8.4 4.3	I II II II I	779 745 737 742 781	16 37 35 36 15	8.2 8.4 8.0 8.2 3.7	6.0 8.5 10.4 12.9 1.0

-: 未測定。 *第7表の比較例98(鋼水準u)のL₁₀寿命を1とした時の相対値。

産業上の利用可能性

本発明の浸炭時の粗大粒防止特性に優れた肌焼鋼及びその製造方法を用いれば、冷間鍛造工程で部品を製造しても、浸炭時の結晶粒の粗大化が抑制されるために、焼入れ歪みによる寸法精度の劣化が従来よりも極めて少ない。そのため、これまで、粗大粒の問題から冷間鍛造化が困難であった部品の冷間鍛造化が可能になり、さらに冷間鍛造後の焼鈍を省略することも可能になる。また、浸炭時の粗大粒防止特性に優れた浸炭部品用素形材を用いれば、高温浸炭においても粗大粒の発生を防止し、転動疲労特性等の十分な強度特性を得ることができる。以上のように、本発明による産業上の効果は極めて顕著なるものがある。

3. 鋼圓坯應發的尺寸大小上的粗細分率在30%以下的制限上大於
它特徵尺寸請求項1及項2的配載的最底時的粗大粒防止特性上
4. 鋼圓坯應發的尺寸大小上的粗細分率在8~11毫米的尺寸上
它特徵尺寸請求項1及項2的配載的最底時的粗大粒防止特性上
5. 算量%及
C : 0.1~0.40%、
Si : 0.02~1.3%、
Mn : 0.3~1.8%、
S : 0.001~0.15%、
Al : 0.015~0.04%、
Nb : 0.005~0.04%、
N : 0.006~0.020%、
它含有%、
Cr : 0.4~1.8%、
Mo : 0.02~1.0%、
Ni : 0.1~3.5%、
V : 0.03~0.5%、
P : 0.025%以下、
Ti : 0.010%以下、
O : 0.0025%以下的制限上、
規部加熱方式不可選的不純物加入方法之鋼坯、
1150°C以上的溫度下保熱時間10分鐘以上加熱的工藝材料方法之鋼
圓坯應發的尺寸上大於0.005%以上者為5、

WO 99/05333
PCT/JP98/03276
3. 鋼圓坯應發的尺寸大小上的粗細分率在30%以下的制限上大於
它特徵尺寸請求項1及項2的配載的最底時的粗大粒防止特性上
4. 鋼圓坯應發的尺寸大小上的粗細分率在8~11毫米的尺寸上
它特徵尺寸請求項1及項2的配載的最底時的粗大粒防止特性上
5. 算量%及
C : 0.1~0.40%、
Si : 0.02~1.3%、
Mn : 0.3~1.8%、
S : 0.001~0.15%、
Al : 0.015~0.04%、
Nb : 0.005~0.04%、
N : 0.006~0.020%、
它含有%、
Cr : 0.4~1.8%、
Mo : 0.02~1.0%、
Ni : 0.1~3.5%、
V : 0.03~0.5%、
P : 0.025%以下、
Ti : 0.010%以下、
O : 0.0025%以下的制限上、
規部加熱方式不可選的不純物加入方法之鋼坯、
1150°C以上的溫度下保熱時間10分鐘以上加熱的工藝材料方法之鋼
圓坯應發的尺寸上大於0.005%以上者為5、

P : 0.025% 以下、
 Ti : 0.010 % 以下、
 O : 0.0025% 以下 之 制限 L、
 純部材鉄素地不可離的不純物少々有り、
 鋼鋼鐵道線の Nb (CN) の折出量が 0.005% 以上で有り、AlN の折出
 量を 0.005% 以下之制限 L に於て特徴化する為大粒防止上
 特徴化要件の大要品用素形材。
 9. 純鋼鐵道線の鋼の寸法は外寸直徑 0.14m 以下の Nb (CN)
 を 20 倍 / 100 μm^2 以上を有する迄迄特徴化する請求項 8 に
 記載の要件時の大粒防止特性化要件大要品用素形材。

① 摹求方法 2 摳以上含有 L、
 V : 0.03~0.5 %、
 Ni : 0.1~3.5 %、
 Mo : 0.02~1.0 %、
 Cr : 0.4~1.8 %、
 等 5 例、
 含有 L、
 N : 0.006~0.020 %、
 Nb : 0.005~0.04%、
 Al : 0.015~0.04%、
 S : 0.001~0.15%、
 Mn : 0.3~1.8 %、
 Si : 0.02~1.3 %、
 C : 0.10~0.40%、
 8. 質量 % E、
 道方法。

求項 5 及 6 之記載의 摳試時의 相大粒防止特性和化學分析的製
 料質品號為 8 ~ 11番之試驗之結果為本項之特徵之試驗
 7. 摳圓压延の仕上品溫度為 920~1000°C L、7 工步之小樣品
 防止特性和化學分析的製造方法。
 8. 摳圓压延之試驗結果為 30% 以下的鋼之
 測定之結果為 L、撓圓压延之試驗之結果為 0.1μm 以
 下的 Nb (CN) 之 20 個 / 100μm² 以上之有之試驗之結果為 0.1μm 以
 上之結果為 L、撓圓压延之試驗之結果為 1.0C / 秒以下的結果
 6. 摳圓压延之 800~500 °C の 溫度範圍為 1.0C / 秒以下的結果
 特徵之試驗之結果為 L、撓圓压延之試驗之結果為 0.005% 以下之制限之試驗之結果為 L、
 AlN 打出量為 0.005% 以下之制限之試驗之結果為 L、
 PCT/JP98/03276
 WO 99/05333

3/4

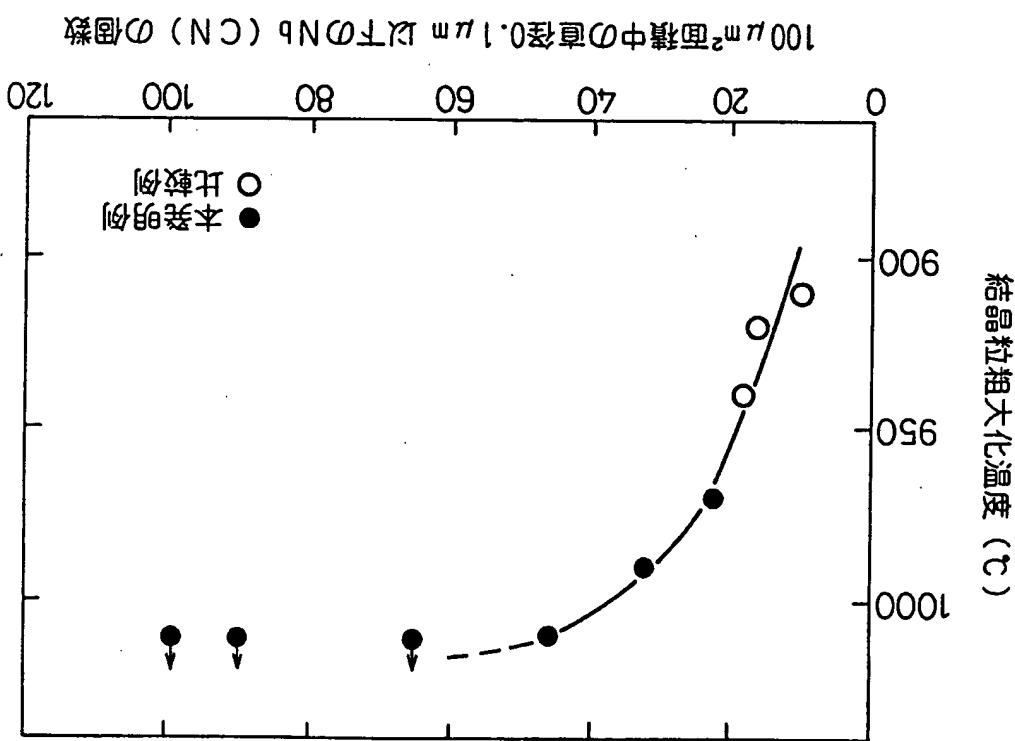


Fig.4

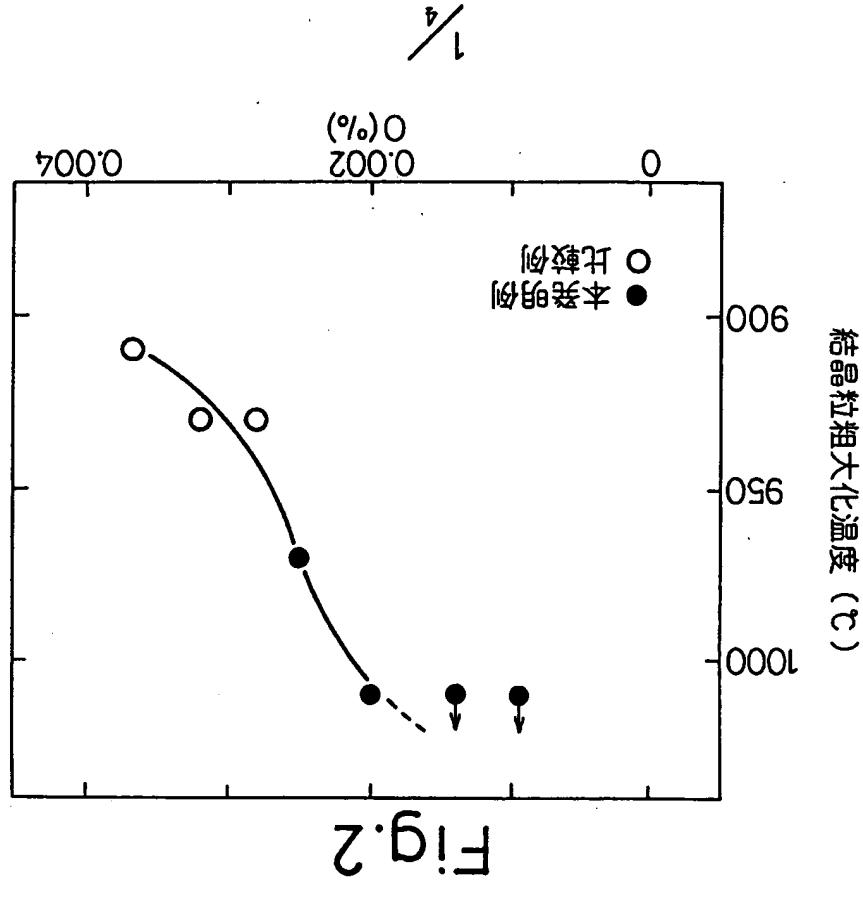


Fig. 2

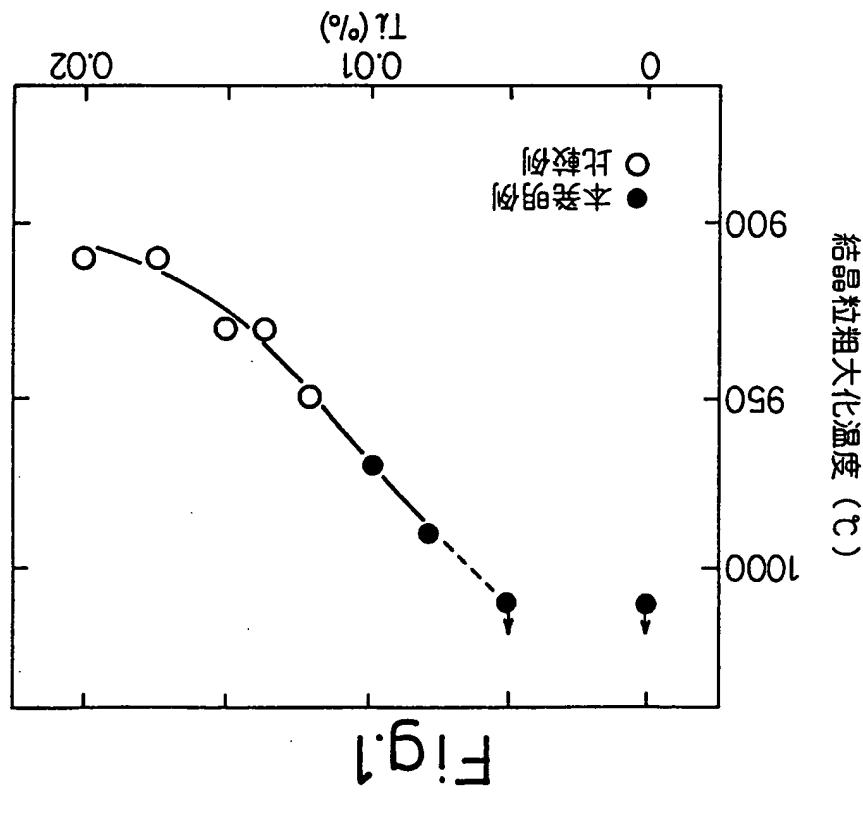


Fig.1

2/
4

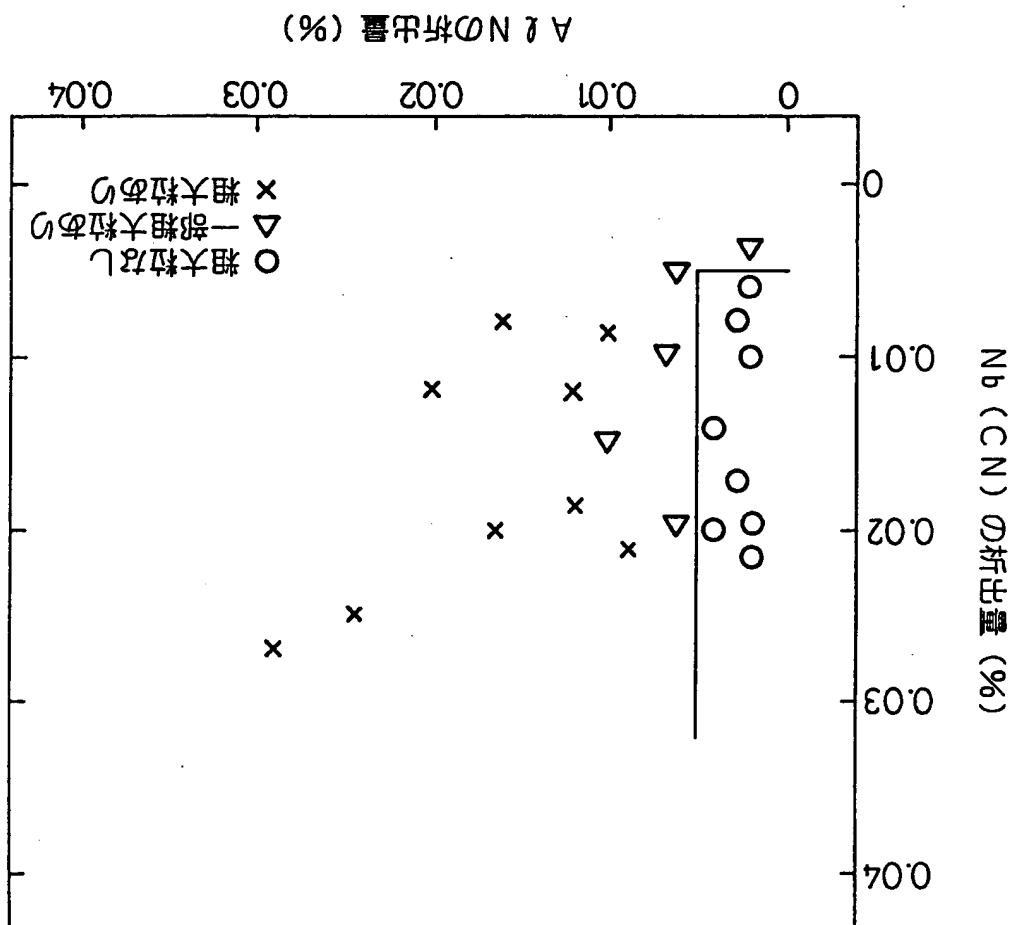


Fig.3

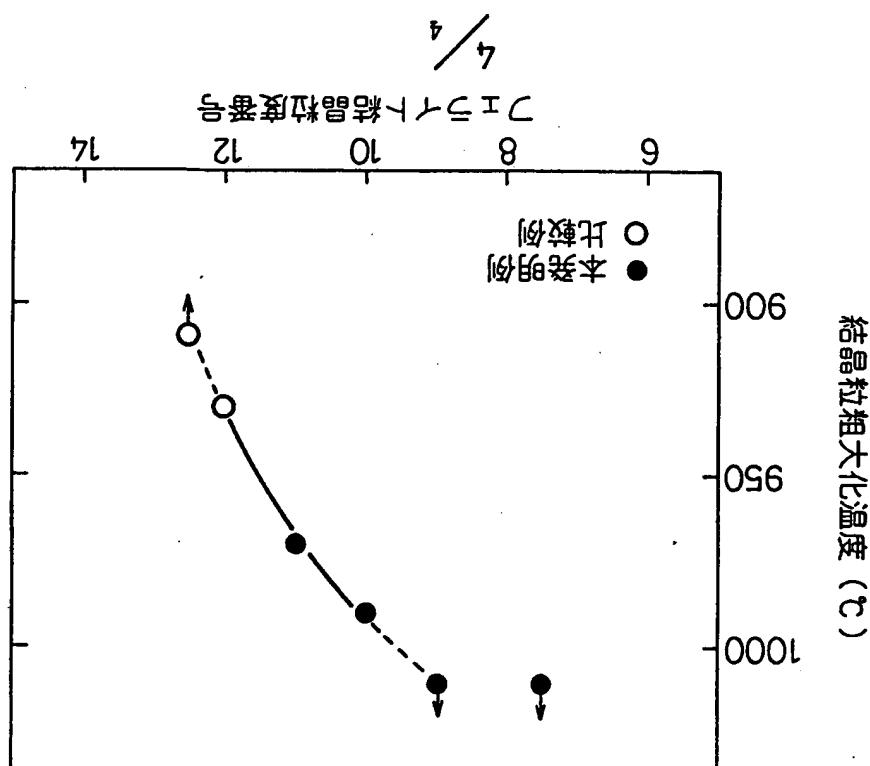


Fig.6

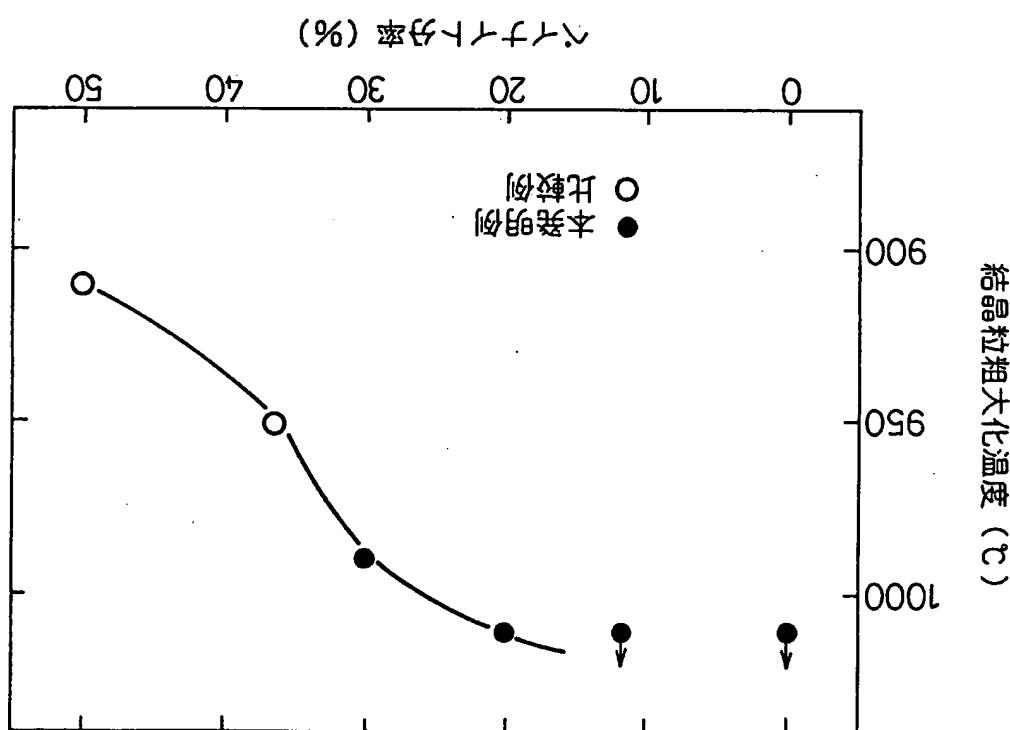


Fig.5

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		Int. C1 ^a , C2C238/00, 301	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC			
B. FIELDS SEARCHED		Int. C1 ^a , C2C238/00-38/60 Minimum documentation searched (classification (classifications) followed by classification symbols)	
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)			
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category ^b	Classification of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	
X	JP, 5-125437, A (Sanyo Special Steel Co., Ltd.). 21 May, 1993 (21. 05. 93) (Family: none)		
A	JP, 4-247848, A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.). 3 September, 1992 (03. 09. 92) (Family: none)	1-9	
A	JP, 3-100142, A (Kobe Steel, Ltd.). 25 January, 1994 (25. 01. 94) (Family: none)	1-9	
A	JP, 6-17224, A (Kobe Steel, Ltd.). 6 August, 1996 (06. 08. 96) (Family: none)	1-9	
A	JP, 8-199303, A (Daido Steel Co., Ltd.). 25 April, 1996 (06. 08. 96) (Family: none)	1-9	
A	JP, 63-76815, A (Kobe Steel, Ltd.). 7 April, 1988 (07. 04. 88) (Family: none)	3, 4	
A	JP, 2-149643, A (Kobe Steel, Ltd.). 8 June, 1990 (08. 06. 90) (Family: none)	3, 4	
T. Special categories of cited documents: <input checked="" type="checkbox"/> later document published after the international filing date of priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention <input type="checkbox"/> earlier document relating to the general state of the art which is not considered to be of particular relevance <input type="checkbox"/> "E" document within the publication date of another claim(s) of which it is considered to involve an inventive step taken alone <input type="checkbox"/> "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step <input type="checkbox"/> "L" document within the publication date of another claim(s) of which it is considered to involve an inventive step which is combined with one or more other such documents, such combination considered to involve an inventive step between the documents <input type="checkbox"/> "O" document referred to in oral disclosure, use, exhibition or other special reason (as specified) <input type="checkbox"/> "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed <input type="checkbox"/> "R" document published later than the international filing date but later than the priority date claimed			
U. Date of mailing of the international search report 12 October, 1998 (12. 10. 98)			
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office			
Telephone No.		Faximile No.	

C(continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 5-171347, A (Aichi Steel Works Ltd, Toyota Motor Corp.), 9 July, 1993 (09. 07. 93) (Family: none)	3, 4
A	JP, 6-60345, B (Kobe Steel, Ltd.), 10 August, 1994 (10. 08. 94) (Family: none)	4, 7
A	JP, 4-143253, A (Kobe Steel, Ltd.), 18 May, 1992 (18. 05. 92) (Family: none)	1-9

PCT/JP98/03276

International application No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

C(続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
A	JP, 8-199303, A (大同特殊鋼株式会社), 6. 8月. 1 996 (06. 08. 96) (ファミリーなし)	1-9
A	JP, 63-76815, A (株式会社神戸製鋼所), 7. 4月. 1988 (07. 04. 88) (ファミリーなし)	3, 4
A	JP, 2-149643, A (株式会社神戸製鋼所), 8. 6月. 1990 (08. 06. 90) (ファミリーなし)	3, 4
A	JP, 5-171347, A (愛知製鋼株式会社、トヨタ自動車株 式会社), 9. 7月. 1993 (09. 07. 93) (ファミリー なし)	3, 4
A	JP, 6-60345, B (株式会社神戸製鋼所), 10. 8月. 1994 (10. 08. 94) (ファミリーなし)	4, 7
A	JP, 4-143253, A (株式会社神戸製鋼所), 18. 5 月. 1992 (18. 05. 92) (ファミリーなし)	1-9